



**Profesor  
Miguel Zavala**



# **QUÍMICA**

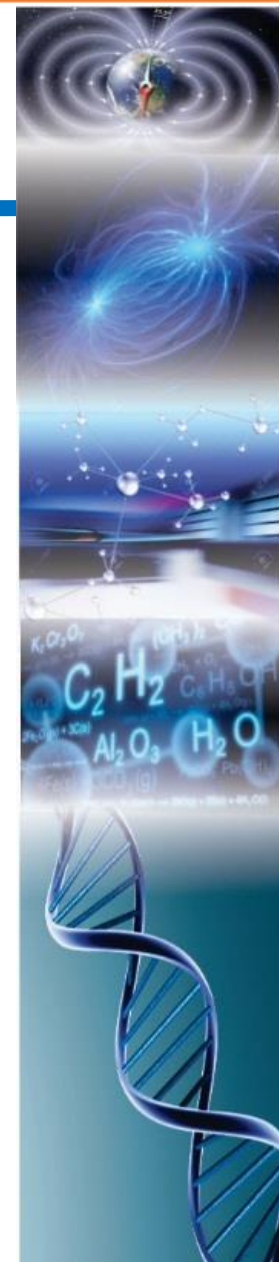
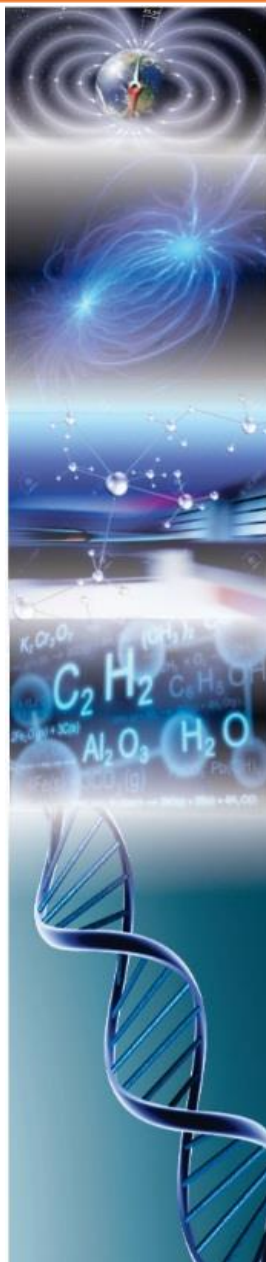
**GRUPO PITÁGORAS**

## ENLACE QUÍMICO III

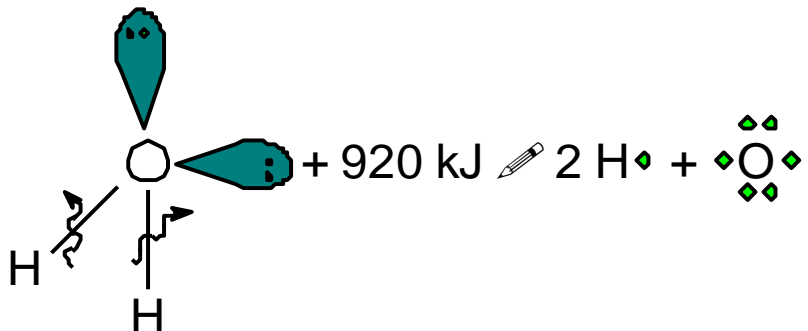
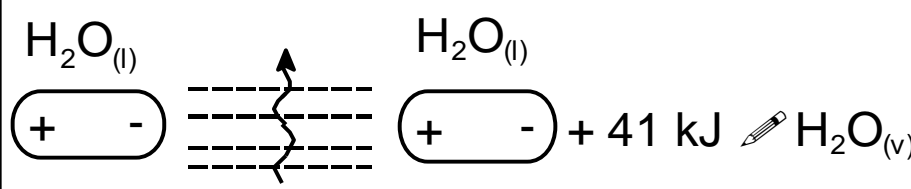
---

## FUERZAS INTERMOLECULARES

---



Son fuerzas de atracción que existen entre las moléculas de una sustancia. Son mucho más débiles que los enlaces interatómicos y son las responsables de la existencia de los estados condensados de la materia (líquidos y sólidos); son fuerzas de cohesión acumulativas con naturaleza electrostática.

	<p>Para disociar un mol de moléculas de agua se necesita un total de 920 kJ de energía.</p>
	<p>Para vaporizar un mol de moléculas de agua se necesita un total de 41 kJ de energía.</p>

**Conclusión:**

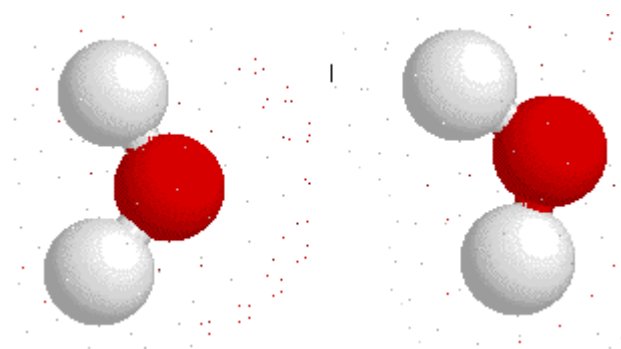
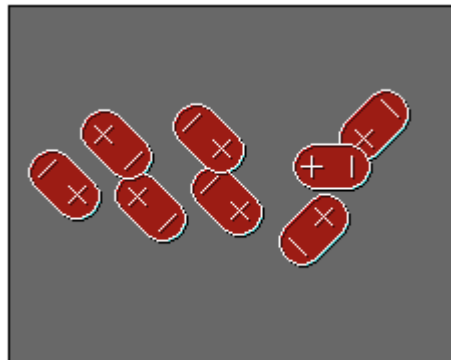
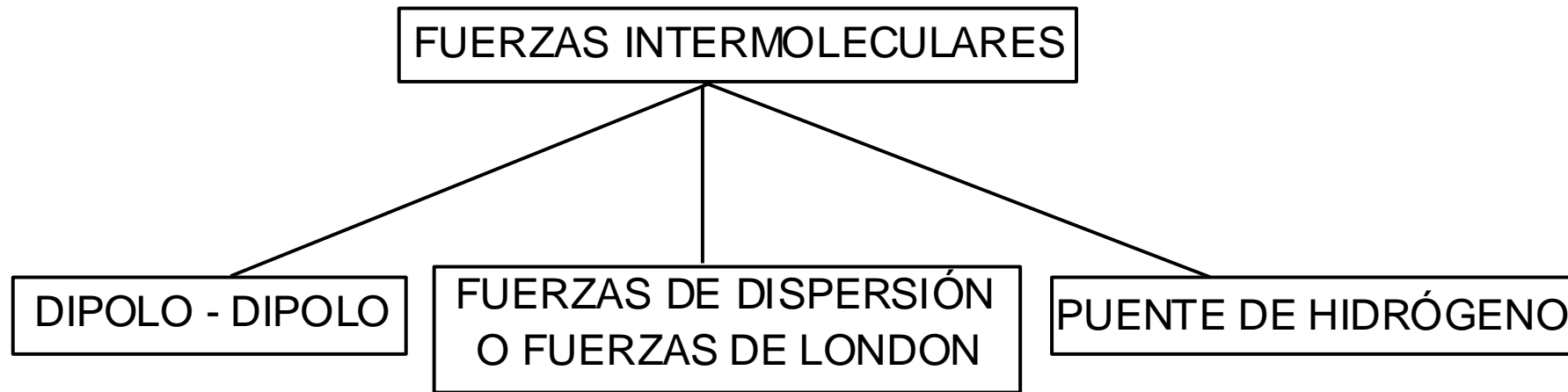
**Magnitud  
Fuerzas Intermoleculares**

**<**

**Magnitud  
Enlaces Químicos**

Las fuerzas intermoleculares son responsables del comportamiento físico de las sustancias, tales como: los estados de agregación, los puntos de fusión y ebullición, la capacidad de los gases para licuarse, la solubilidad en determinados solventes, etc.

Las fuerzas intermoleculares se pueden clasificar en:

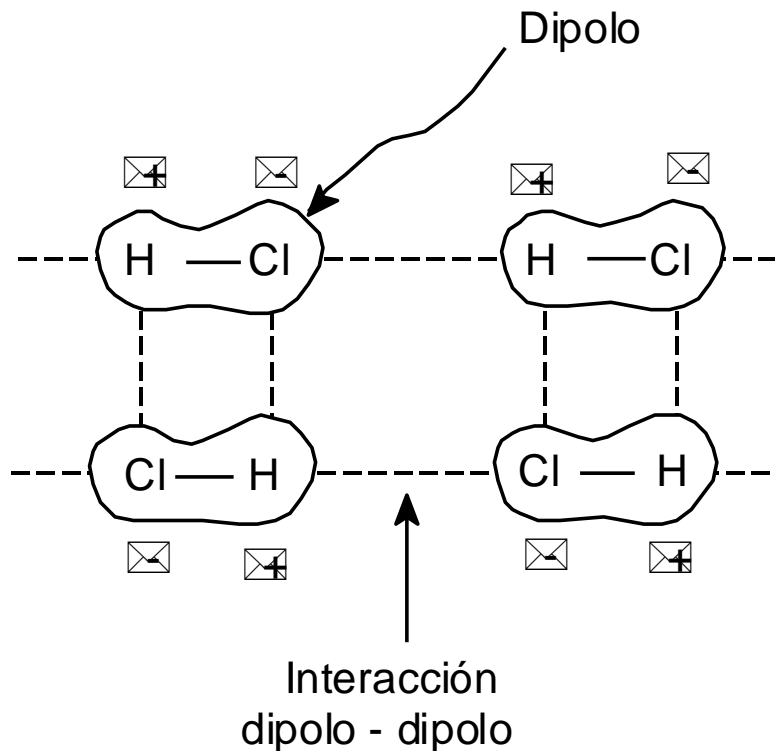


## FUERZAS DE VAN DER WAALS

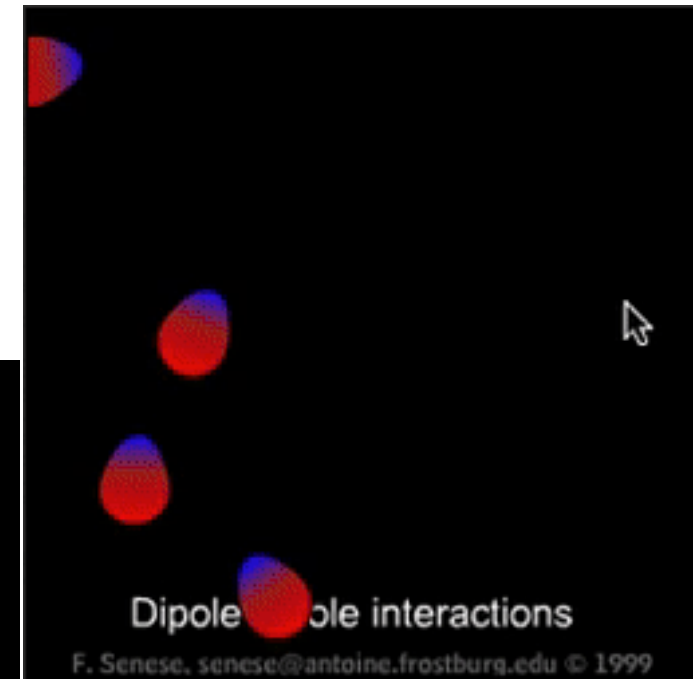
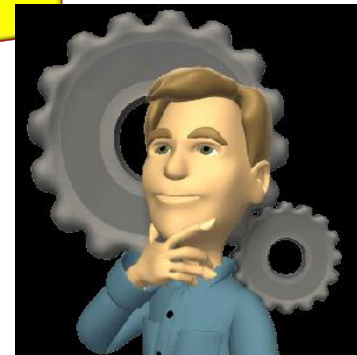
### I. INTERACCIONES DIPOLO - DIPOLO : (Fuerzas de Keesom)

Las interacciones (fuerzas) dipolo - dipolo permanentes tienen lugar entre moléculas polares y tienen un origen electrostático. Las moléculas polares generan dipolos permanentes, los cuales pueden interactuar entre sí cuando se encuentran sus polos opuestos.

**Ejemplo :** Moléculas de Cloruro de Hidrógeno (HCl)



**A MAYOR POLARIDAD  
DE LA MOLÉCULA, LA  
INTERACCIÓN DIPOLO-  
DIPOLO ES MAS  
INTENSA**



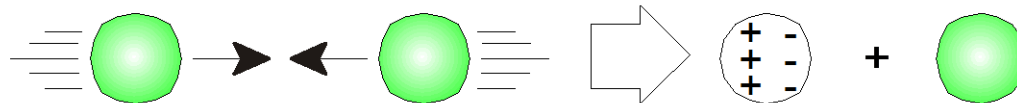
## II. FUERZAS DE DISPERSIÓN DE LONDON :

Las fuerzas de London son fuerzas atractivas débiles que son importantes sólo a distancias intermoleculares pequeñas (fuerzas de “corto alcance”). **Las fuerzas de London son únicas o exclusivas en las sustancias no polares** como por ejemplo  $\text{CO}_{2(s)}$ ,  $\text{O}_{2(l)}$ ,  $\text{P}_{4(s)}$ . Los estados condensados sólido y líquido de los gases nobles y de las sustancias constituidas por moléculas no polares, se explican por la existencia de estas fuerzas de dispersión.

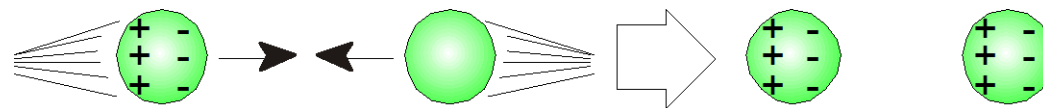
¿Cómo se explica la formación de los dipolos en moléculas no polares?



1. La colisión de moléculas genera un dipolo temporal



2. El dipolo temporal genera un dipolo inducido



3. Interacción dipolo temporal - dipolo inducido



Fuerzas de dispersión de London

## Observaciones:

1°) Las fuerzas de dispersión son más intensas en moléculas no polares grandes que en las pequeñas, esto se debe a la mayor superficie de contacto, esto motiva a una mayor atracción entre las moléculas, por ejemplo la atracción entre el  $I_2$  es más intensa que el  $Br_2$  y ésta es más intensa que el  $F_2$ .

2°) Las fuerzas de London son las causantes de que los gases puedan licuarse, es decir que se mantengan unidas en fase líquida.

3°) Las fuerzas de London están presentes en todas las interacciones moleculares.

4°) Si bien es cierto que las fuerzas de London son débiles, existen casos en donde su magnitud es comparable o aun mayores que las dipolo - dipolo; así por ejemplo :

Molécula	$\mu_{\text{exp}}$	$T^{\circ}_{\text{fusión}}$
$CH_3F$	1,8 D	131 K
$CCl_4$	0 D	250 K

Aunque el término “fuerzas de Van der Waals” normalmente se refieren a todas las atracciones intermoleculares, también se intercambia a menudo con el término “fuerzas de London”, como lo hacen los términos “fuerzas de dispersión” y “fuerzas dipolo - dipolo inducido”.

## PUENTE DE HIDRÓGENO :

Los llamados “puentes de hidrógeno” son un caso especial de las fuerzas dipolo - dipolo, muy fuertes. Cuando en la molécula existen átomos de hidrógeno unidos a átomos pequeños y fuertemente E.N., como son el “F”, “O” y “N”, se produce una fuerte polarización del enlace quedando el hidrógeno con polaridad positiva y fuertemente atraído por el átomo muy E.N. (F; O; N), de otra molécula vecina. El puente de hidrógeno es el responsable de los puntos de ebullición inusualmente altos de ciertas sustancias frente a otras de masa molecular y geometría similar.

En términos comparativos, la intensidad de esta fuerza es aproximadamente un 5% de la intensidad de un enlace covalente.

Esquemáticamente se representa así:

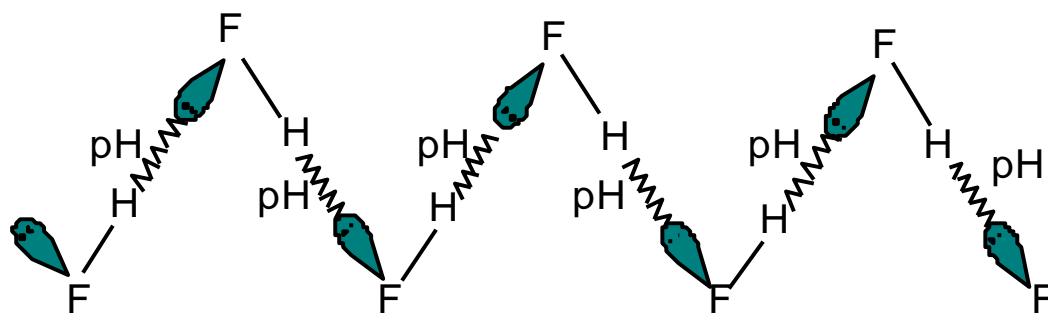


Donde : “X” es Flúor, Oxígeno ó Nitrógeno



## Ejemplo 1 : Dimerización del fluoruro de hidrógeno (HF)

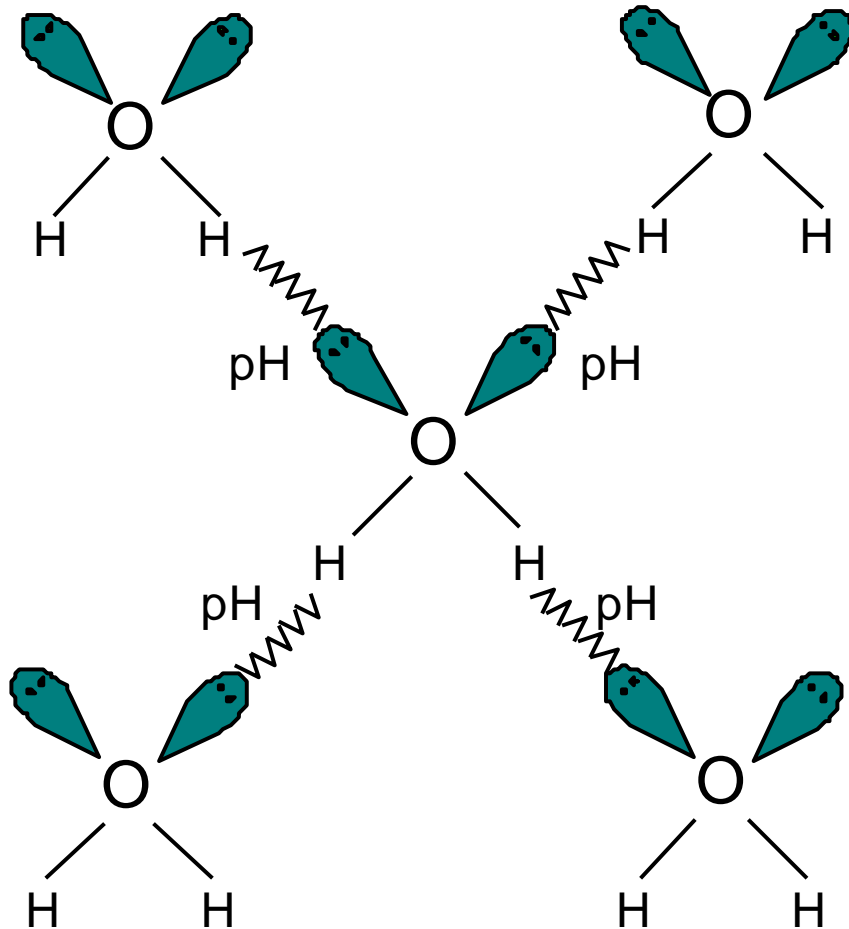
En el fluoruro de hidrógeno sólido las moléculas no existen como unidades individuales, en lugar de esto forman grandes cadenas en zigzag según:



\* El dímero del HF es  $\text{H}_2\text{F}_2$

En la fase líquida las cadenas en zig - zag se rompen pero las moléculas todavía están unidas entre sí por puentes de hidrógeno, como es difícil separar las moléculas que están unidas por puentes de hidrógeno, el HF líquido tiene un punto de ebullición excepcionalmente alto ( $T_{\text{eb}} = 19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

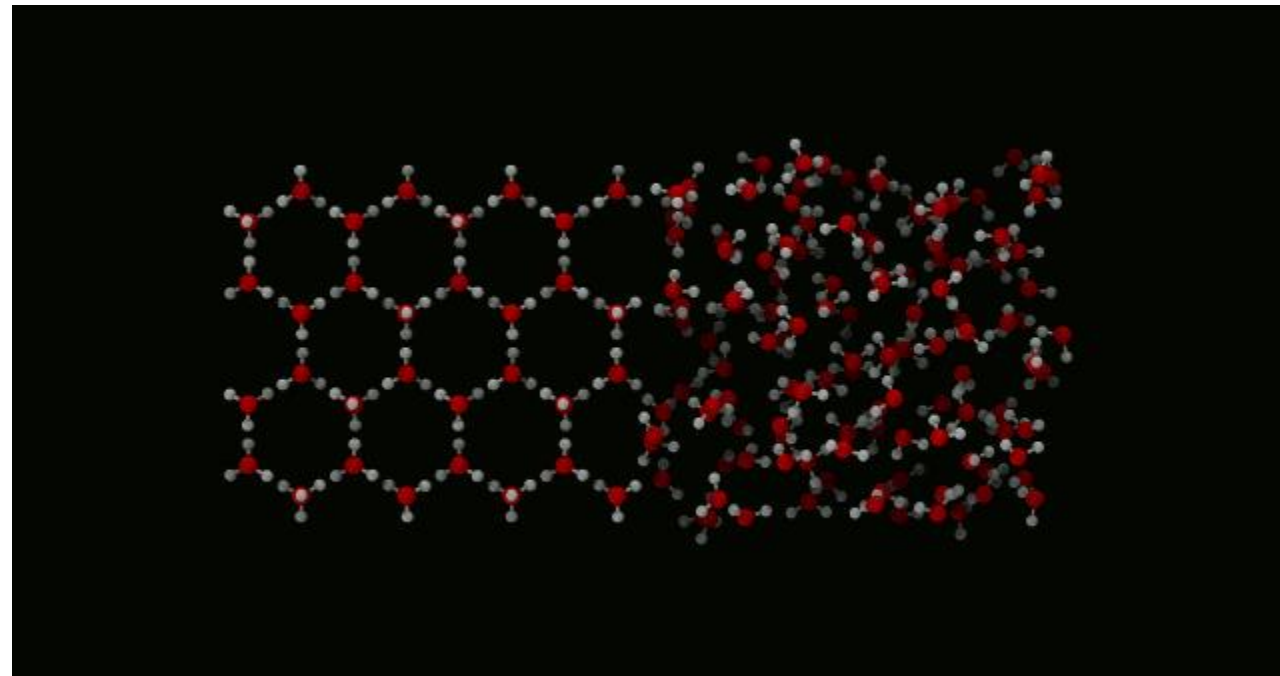
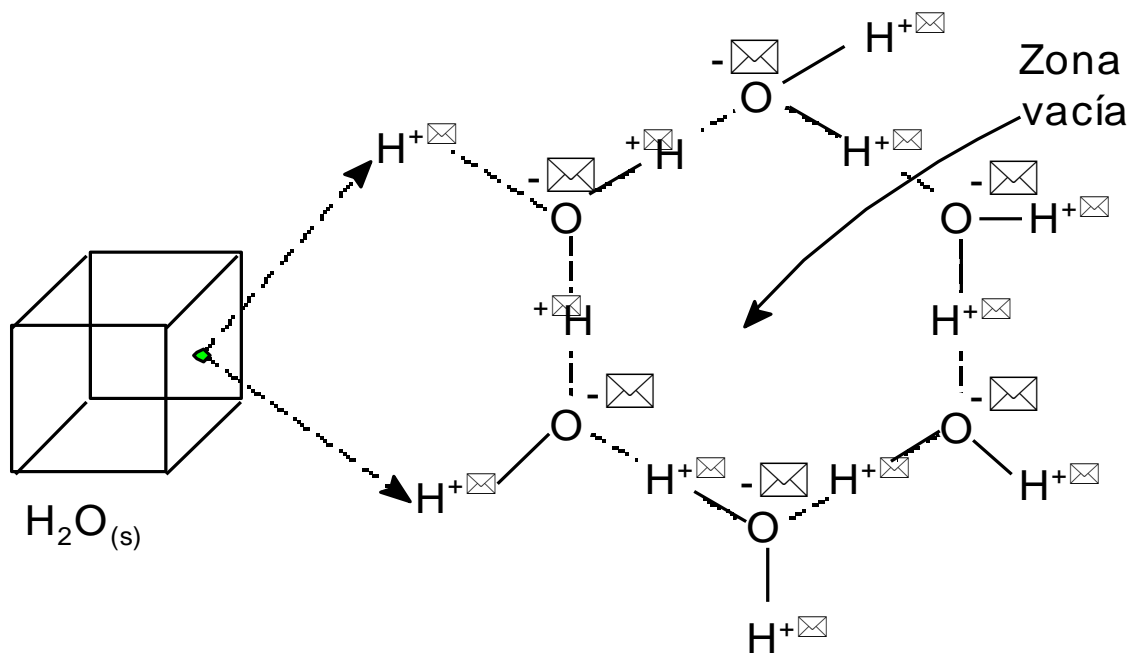
## Ejemplo 2 : Para el $H_2O$



Cada molécula de agua genera cuatro “puentes de hidrógeno” con las moléculas adyacentes.



En la molécula de H<sub>2</sub>O sólida:

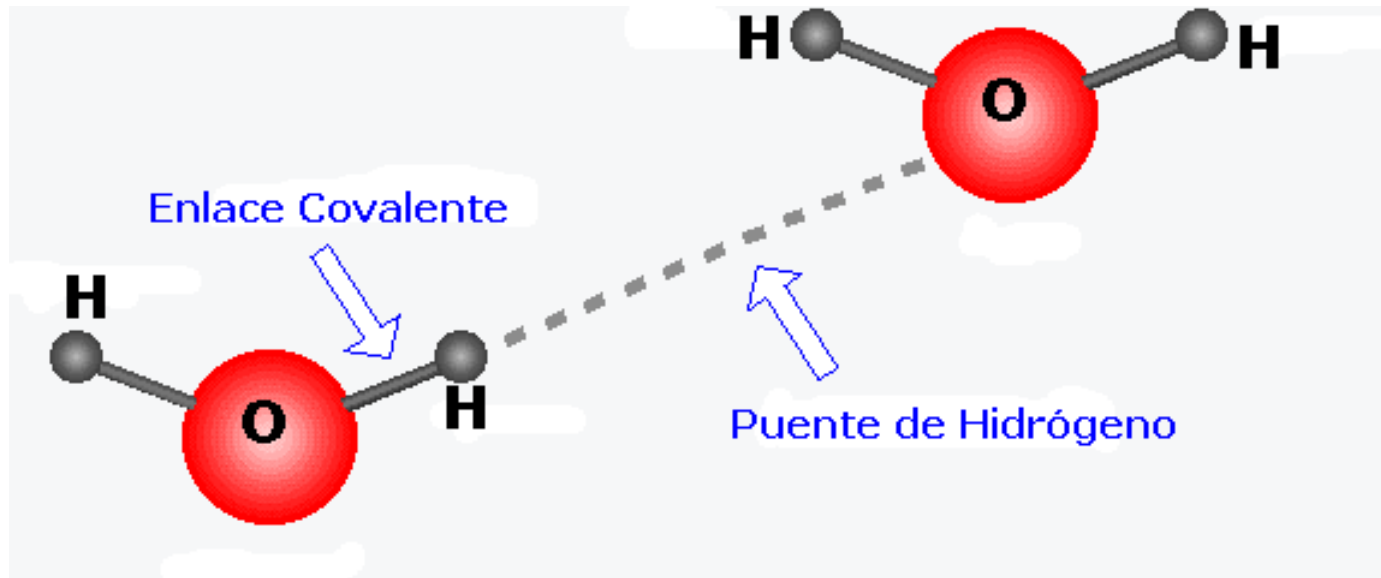


A medida que las moléculas del agua líquida se van solidificando se genera una “zona hueca” formando una estructura hexagonal con un espacio central vacío, lo que explica la expansión volumétrica (aumenta el volumen). Debido a esto, la densidad disminuye, lo que explica porque el hielo (agua sólida) flota en el agua líquida.

$$\underbrace{\rho_{\text{hielo}}}_{0,95 \text{ g/mL}} < \underbrace{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}_{1 \text{ g/mL}}$$

## Observaciones:

- 1°) Los compuestos **líquidos que presentan puente hidrógeno** reciben el nombre de “**líquidos asociados**”.
- 2°) Las especies orgánicas como los ácidos carboxílicos  $R - COOH$  y los alcoholes  $R - OH$  forman puentes de hidrógeno.
- 3°) La energía promedio de un puente de hidrógeno (más de  $40 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ) es demasiado grande para una interacción dipolo - dipolo simple ( $4 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ), así que los puentes de hidrógeno tienen un poderoso efecto en la estructura y propiedades de muchos compuestos.

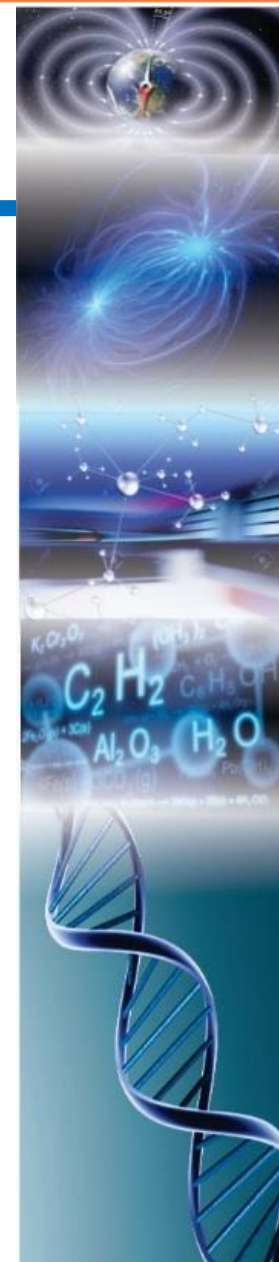
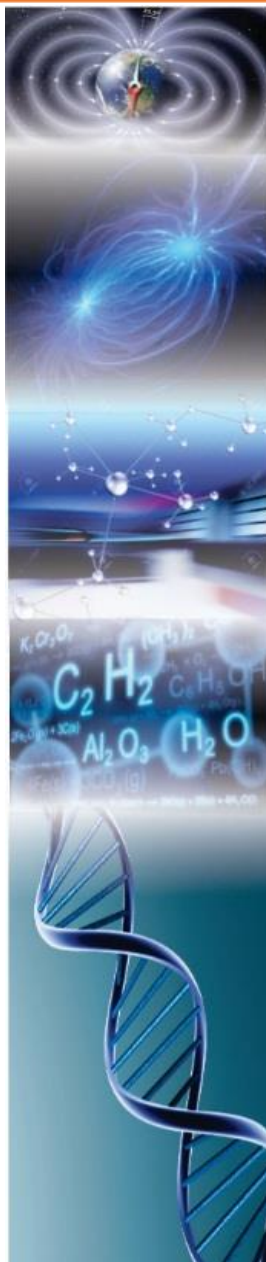


## MOMENTO DE PRACTICAR

---

## PROBLEMAS Y RESOLUCIÓN

---



## APLICACIÓN:

01. (UNI) Señale la alternativa que contiene las proposiciones verdaderas en relación a las fuerzas intermoleculares:

I. En el cloruro de hidrógeno,  $\text{HCl}_{(g)}$ , se presentan interacciones dipolo - dipolo.

II. En el amoníaco,  $\text{NH}_{3(g)}$ , se presentan enlaces puente de hidrógeno.

III. En el etano,  $\text{C}_2\text{H}_6$ , se presentan fuerzas de London.

Datos : Números atómicos :  $\text{H} = 1$  ;  $\text{C} = 6$  ;  $\text{N} = 7$  ;  $\text{Cl} = 17$

Electronegatividades :  $\text{H} = 2,1$  ;  $\text{C} = 2,5$  ;  $\text{N} = 3,0$  ;  $\text{Cl} = 3,0$

A) Sólo I

B) Sólo II

C) I y II

D) II y III

**E) I, II y III**

02. (UNI) Sobre las fuerzas intermoleculares, atendiendo sólo a las polaridades de las moléculas, ¿cuáles de las siguientes predicciones son factibles?

Número atómico:  $\text{H} = 1$ ;  $\text{B} = 5$ ;  $\text{C} = 6$ ;  $\text{N} = 7$ ;  $\text{Cl} = 17$

Electronegatividades:  $\text{H} = 2,1$ ;  $\text{B} = 2,0$ ;  $\text{C} = 2,5$ ;  $\text{N} = 3,0$ ;  $\text{Cl} = 3,0$

I.  $\text{NH}_3$  : Enlace puente de hidrógeno.

II.  $\text{BCl}_3$  : Fuerzas dipolo - dipolo.

III.  $\text{CH}_4$  : Enlace puente de hidrógeno.

**A) I**

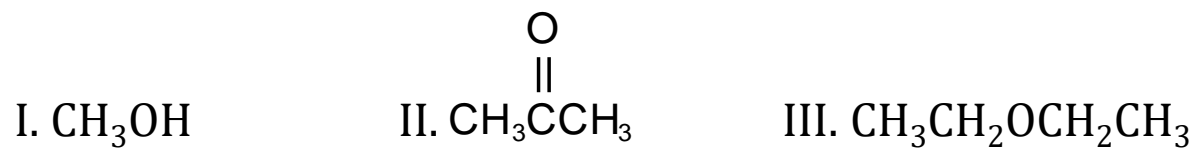
B) II

C) III

D) I y II

E) I, II y III

03. Señalar cuál de las siguientes sustancias presentan enlace puente de hidrógeno en su estado líquido:



- ☒ A) Sólo I      B) Sólo II      C) Sólo III  
D) II y III      E) I; II y III

04. En relación a las moléculas y sus fuerzas intermoleculares, señale la alternativa que contiene las proposiciones correctas:

- I. Metanol,  $\text{CH}_3\text{OH}$ : Enlace puente de hidrógeno.  
II. Acetona,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ : Enlace puente de hidrógeno.  
III. n-Hexano,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ : Fuerzas de Van der Waals.  
Números atómicos: H = 1; C = 6; O = 8

- A) I      B) II      C) III  
☒ D) I y III      E) I, II y III

05. En relación a las fuerzas intermoleculares, indique verdadero (V) o falso (F), según corresponda:

☐ Las moléculas polares solo experimentan atracción dipolo-dipolo.

☐ Las moléculas más polarizables tienen fuerzas de dispersión más intensas.

☐ Las de puente de hidrógeno suelen ser el tipo más intenso de fuerza intermolecular.

- A) VVV    B) VFV    ☒ C) FVV    D) FVF    E) FFF

06. Indique cuáles de las siguientes proposiciones son verdaderas:

I. La fuerza de dispersión de London es un tipo de enlace covalente.

II. Un enlace covalente coordinado es tan fuerte como un enlace covalente normal.

III. El enlace puente de hidrógeno puede formarse entre átomos de hidrógeno y nitrógeno pertenecientes a moléculas cercanas.

- A) I y II    ☒ B) II y III    C) I y III    D) Sólo II    E) Sólo III

07. Señale la alternativa que presenta la secuencia correcta, después de determinar si las proposiciones son verdaderas (V) o falsas (F).

I. Entre las moléculas  $A_{2(l)}$  predominan las fuerzas de London.

II. Entre las moléculas de  $R_2X_{(l)}$  predominan los puentes de hidrógeno.

III. La sustancia QD fundida, conduce la corriente eléctrica.

Números atómicos:  $R = 1$  ;  $X = 8$  ;  $D = 9$  ;  $Q = 11$  ;  $A = 17$

☒ A) VVV B) VFV C) VFF D) FVV E) VVF

08. Indique si son verdaderos (V) o falsos (F) los siguientes enunciados:

I. El enlace covalente es más fuerte que el electrovalente

II. Toda molécula con enlaces covalentes polares tiene momento dipolar permanente

III. La reacción entre un metal del grupo IA y un no metal del grupo VIIA da un compuesto covalente

IV. Los compuestos iónicos son solubles en  $H_2O$  debido al enlace puente de hidrógeno

A) FVFFV B) FVFF ☒ C) FFFF D) FFVF E) VVFFV

09. Señale la secuencia correcta respecto a las fuerzas intermoleculares

☐ En el  $I_2$  predominan las fuerzas dipolo - dipolo

☐ El  $H_2S$  forma puentes de hidrógeno

☐ En el  $H_2O$  se forman puentes de hidrógeno

A) VVF

B) FFF

C) FVV

D) VVV

☒ E) FFV

10. Las fuerzas de atracción que se deben vencer para hervir el  $O_{2(l)}$  son fuerzas:

A) puente de hidrógeno

B) ion - dipolo

C) metal - metal

D) dipolo - dipolo

☒ E) de dispersión







## FIN DE LA SESIÓN

PRACTICA Y APRENDERÁS